

SEMICONDUCTOR LASER

Patent number: JP11220224
Publication date: 1999-08-10
Inventor: FUKUNAGA TOSHIAKI; WADA MITSUGI
Applicant: FUJI PHOTO FILM CO LTD
Classification:
- international: H01S3/18
- european:
Application number: JP19980317644 19981109
Priority number(s):

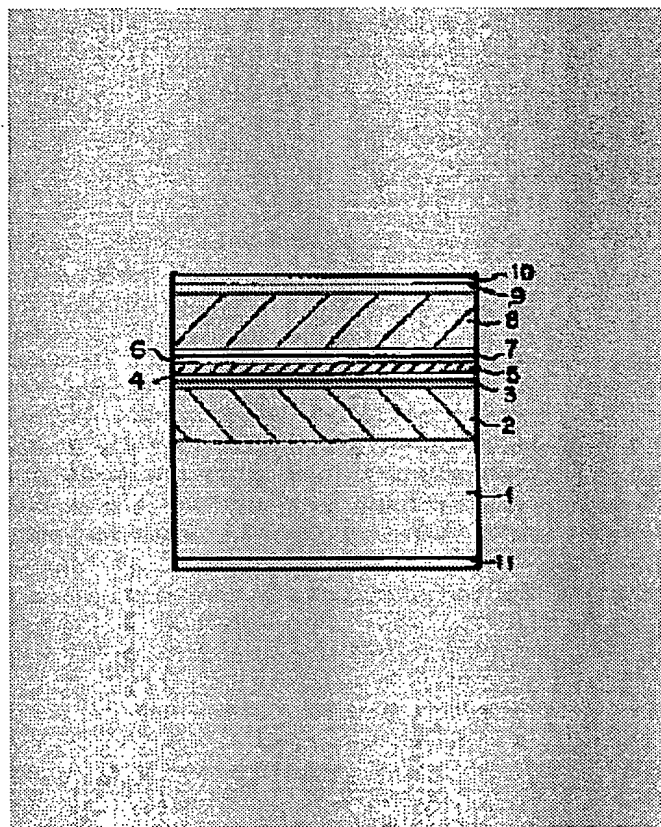
Also published as:

EP0920096 (A2)
US6127691 (A1)
EP0920096 (A3)
EP0920096 (B1)

Abstract of JP11220224

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve reliability of a semiconductor laser of a wavelength of a 0.8- μ m band in high-output oscillation.

SOLUTION: An n-type Ga_{1-z}1 Al_z1 As clad layer 2, an n-type In_x1 Ga_{1-x}1 As_{1-y}1 Py₁ optical waveguide layer 3, an i-type In_x2 Ga_{1-x}2 As_{1-y}2 Py₂ tensile strain barrier layer 4, an In_x3 Ga_{1-x}3 As_{1-y}3 Py₃ quantum well active layer 5, an i-type In_x2 Ga_{1-x}2 As_{1-y}2 Py₂ tensile strain barrier layer 6, a p-type In_x1 Ga_{1-x}1 As_{1-y}1 Py₁ optical waveguide layer 7, a p-type Ga_{1-z}1 Al_z1 As clad layer 8 and a p-type GaAs contact layer 9 are successively formed on an n-type GaAs substrate 1. The layers 2 and 8 and the layers 3 and 7 are respectively formed in a compositional ratio which makes a lattice matching with the substrate 1, the total layer thickness of the layers 4 and 6 is formed into a thickness of 10 to 30 nm, and the compositions of the layers 4 and 6 are set on the conditions that the amount of strain of the tensile strains for the layers 4 and 6 be the amount of strain multiplied by the total layer thickness is equal to 0.05 to 0.2 nm.



BEST AVAILABLE COPY

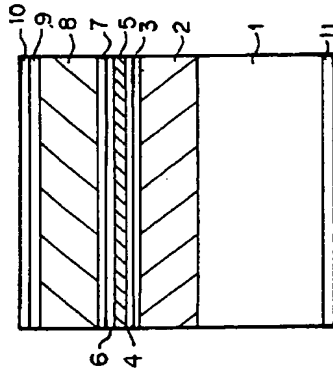
THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A) (11)特許出願公開番号
特開平11-220224
(43)公開日 平成11年(1999) 8月10日

(51)Int.Cl. ⁴ H01S 3/18	識別記号 677	PI H01S 3/18 677
審査請求 未請求 請求項の数 2 OL (全 16 頁)		
(21)出願番号 特願平10-317644	(71)出願人 富士写真フイルム株式会社 00005201	
(22)出願日 平成10年(1998)11月9日	(72)発明者 福永 敏明 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富	
(31)優先権主張番号 特願平9-323178	(72)発明者 和田 貢 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富	
(32)優先日 平 9 (1997)11月25日	(74)代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)	
(33)優先権主張国 日本 (J P)		

(54) [発明の名称] 半導体レーザ装置

(57) [要約]
【課題】 0.8 μm 帯の半導体レーザにおいて、高出力発振下における信頼性を向上させる。
【解決手段】 n-GaAs 基板 1 上に、n-Ga_{1-x}Al_xIn_{1-y}As_{1-y}Py_y 光導波層 3、i-In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2P_y2 引張り歪バリア層 4、In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2P_y2 引張り歪バリア層 6、p-In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2Py_y 光導波層 7、p-Ga_{1-x}Al_xIn_{1-y}As_{1-y}Py_y クラッド層 8、p-GaAs コンタクト層 9 を順次形成する。そして各クラッド層 2、8 および各光導波層 3、7 はそれぞれ GaAs 基板 1 に格子整合する組成比とし、引張り歪バリア層 4、6 の合計厚は 10~30 nm とし、また引張り歪バリア層 4、6 の組成は、引張り歪の歪量が、歪量×合計厚=0.05~0.2 nm とするものとする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 GaAs 基板 1 上に、p および n 型の一方の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2P_y2 第二バリア層、In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2Py_y 量子井戸活性層、In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2Py_y 第二光導波層、p 型および n 型の他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、

前記第一および第二クラッド層が前記 GaAs 基板に格子整合する組成からなり、
前記第一および第二光導波層が前記 GaAs 基板に格子整合する組成からなり、

前記第一および第二バリア層が、前記 GaAs 基板に対して引張り歪を有する、合計厚 10~30 nm の層であって、その引張り歪の歪量×合計厚=0.05~0.2 nm を満たす組成からなり、

前記 In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2Py_y 量子井戸活性層が、前記 GaAs 基板に格子整合する組成、もしくは、前記 GaAs 基板に対して 0.003 までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 GaAs 基板 1 上に、p 型および n 型の一方の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2Py_y 量子井戸活性層、In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2Py_y 量子井戸活性層、In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2Py_y 第二光導波層、p 型および n 型の他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、前記第一および第二クラッド層が前記 GaAs 基板に格子整合する組成からなり、
前記第一および第二光導波層が前記 GaAs 基板に格子整合する組成からなり、
前記第一および第二バリア層が、前記 GaAs 基板に対して引張り歪を有する、合計厚 10~30 nm の層であって、その引張り歪の歪量×合計厚=0.05~0.2 nm を満たす組成からなり、

前記 In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2Py_y 量子井戸活性層が、前記 GaAs 基板に格子整合する組成、もしくは、前記 GaAs 基板に対して 0.003 までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。
【発明の詳細な説明】
【0001】
【発明の属する技術分野】 本発明は半導体レーザ装置に関し、詳しくは半導体レーザ装置を構成する半導体層の組成に関するものである。
【0002】
【従来の技術】 従来、0.7~0.85 μm 帯の半導体レーザとしては、n-GaAs 基板に、n-AlGaAs クラッド層、n または i-AlGaAs 光導波層、i-AlGaAs 活性層、p または i-AlGaAs 光導波層、p-AlGaAs クラッド層、p-GaAs キャップ層を積層してなる半導体レーザが一般的である。しかし、この構造では活性層に Al を含み、Al は化学的に活性で酸化さ

(2)

れやすいため、開閉して形成した共振器端面が劣化しやすく、高信頼性という点で不利である。

【0003】 そこで、オール Al フリとなる 875 nm 帯の半導体レーザとして、IEEE Photonics technology letters, Vol. 6, No. 4 (1994) p. 465 に示されるように n-GaAs 基板 1 上に、n-InGaP クラッド層、アンダーブレイク層、InGaAsP 光導波層、GaAs 量子井戸活性層、アンダーブレイク層、p-InGaP クラッド層、p-GaAs キャップ層からなる半導体レーザが提案されている。しかし、この Al フリーの半導体レーザは量子特性の温度依存性が大きく、最高光出力は 4.2 W と高いが、光出力 1 W 以上で漏れ電流の発生により発光効率が悪くなるという欠点を有しており、0.8 μm 近傍の短波長帯では高出力半導体レーザとしては実用上耐えないものである。

【0004】 一方、活性層が Al フリーとなる 0.8 μm 帯の半導体レーザとして、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34 (1995) pp. L1175~L1177 に示されているような n-GaAs 基板に n-AlGaAs クラッド層、i-InGaP 光導波層、InGaAsP 量子井戸活性層、i-InGaP 光導波層、p-AlGaAs クラッド層、p-GaAs キャップ層からなる半導体レーザが報告されている。

しかし、この半導体レーザは、キャリアのオーバーフローにより量子特性の温度特性が大きいという欠点を有しており、高出力発振時の駆動電流が増大し、発熱に伴う量子温度上昇による信頼性の劣化が生じる。

【0005】 また、IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 3, No. 2 (1997) p. 180 に、活性層として、基板に対して圧縮歪を有する組成比の GaInP 半導体を用い、該活性層の圧縮歪をキャンセリングする以上の引張り歪を有する AlGaInP 層をサイドバリア層として備えて、レーザ素子の射出端面近傍で結晶構造緩和を生ぜしめ、端面におけるバンドギャップを大きくすることにより、レーザ発振時の光の吸収を小さくして端面での光吸収による素子の劣化を低減し、信頼性を向上した半導体レーザが提案されている。しかしながら、InGaAsP 系の活性層により 800 nm 帯の半導体レーザを構成しようとする場合、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 21 (1982) p. L323 に示すように InGaAsP 系の組成比とバンドギャップとの関係において相分離を起こす組成領域が、圧縮歪を有する組成比と重なるために、InGaAsP 系の半導体層により大きな圧縮歪を有する活性層を形成することが困難であり、上記文献に示されるような信頼性の高い半導体レーザを 800 nm 系半導体レーザにおいて実現することは困難である。

(2)

【0006】
【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、耐久性があり、かつ、高出力発振下においても信頼性の高い 0.8 μm 帯の半導体レーザを提供することを目的とするものである。
【0007】
【課題を解決するための手段】 本発明による 1 つの半導

【0008】
【0009】
【0010】
【0011】
【0012】
【0013】
【0014】
【0015】
【0016】
【0017】
【0018】
【0019】
【0020】
【0021】
【0022】
【0023】
【0024】
【0025】
【0026】
【0027】
【0028】
【0029】
【0030】
【0031】
【0032】
【0033】
【0034】
【0035】
【0036】
【0037】
【0038】
【0039】
【0040】
【0041】
【0042】
【0043】
【0044】
【0045】
【0046】
【0047】
【0048】
【0049】
【0050】
【0051】
【0052】
【0053】
【0054】
【0055】
【0056】
【0057】
【0058】
【0059】
【0060】
【0061】
【0062】
【0063】
【0064】
【0065】
【0066】
【0067】
【0068】
【0069】
【0070】
【0071】
【0072】
【0073】
【0074】
【0075】
【0076】
【0077】
【0078】
【0079】
【0080】
【0081】
【0082】
【0083】
【0084】
【0085】
【0086】
【0087】
【0088】
【0089】
【0090】
【0091】
【0092】
【0093】
【0094】
【0095】
【0096】
【0097】
【0098】
【0099】
【0100】
【0101】
【0102】
【0103】
【0104】
【0105】
【0106】
【0107】
【0108】
【0109】
【0110】
【0111】
【0112】
【0113】
【0114】
【0115】
【0116】
【0117】
【0118】
【0119】
【0120】
【0121】
【0122】
【0123】
【0124】
【0125】
【0126】
【0127】
【0128】
【0129】
【0130】
【0131】
【0132】
【0133】
【0134】
【0135】
【0136】
【0137】
【0138】
【0139】
【0140】
【0141】
【0142】
【0143】
【0144】
【0145】
【0146】
【0147】
【0148】
【0149】
【0150】
【0151】
【0152】
【0153】
【0154】
【0155】
【0156】
【0157】
【0158】
【0159】
【0160】
【0161】
【0162】
【0163】
【0164】
【0165】
【0166】
【0167】
【0168】
【0169】
【0170】
【0171】
【0172】
【0173】
【0174】
【0175】
【0176】
【0177】
【0178】
【0179】
【0180】
【0181】
【0182】
【0183】
【0184】
【0185】
【0186】
【0187】
【0188】
【0189】
【0190】
【0191】
【0192】
【0193】
【0194】
【0195】
【0196】
【0197】
【0198】
【0199】
【0200】
【0201】
【0202】
【0203】
【0204】
【0205】
【0206】
【0207】
【0208】
【0209】
【0210】
【0211】
【0212】
【0213】
【0214】
【0215】
【0216】
【0217】
【0218】
【0219】
【0220】
【0221】
【0222】
【0223】
【0224】
【0225】
【0226】
【0227】
【0228】
【0229】
【0230】
【0231】
【0232】
【0233】
【0234】
【0235】
【0236】
【0237】
【0238】
【0239】
【0240】
【0241】
【0242】
【0243】
【0244】
【0245】
【0246】
【0247】
【0248】
【0249】
【0250】
【0251】
【0252】
【0253】
【0254】
【0255】
【0256】
【0257】
【0258】
【0259】
【0260】
【0261】
【0262】
【0263】
【0264】
【0265】
【0266】
【0267】
【0268】
【0269】
【0270】
【0271】
【0272】
【0273】
【0274】
【0275】
【0276】
【0277】
【0278】
【0279】
【0280】
【0281】
【0282】
【0283】
【0284】
【0285】
【0286】
【0287】
【0288】
【0289】
【0290】
【0291】
【0292】
【0293】
【0294】
【0295】
【0296】
【0297】
【0298】
【0299】
【0300】
【0301】
【0302】
【0303】
【0304】
【0305】
【0306】
【0307】
【0308】
【0309】
【0310】
【0311】
【0312】
【0313】
【0314】
【0315】
【0316】
【0317】
【0318】
【0319】
【0320】
【0321】
【0322】
【0323】
【0324】
【0325】
【0326】
【0327】
【0328】
【0329】
【0330】
【0331】
【0332】
【0333】
【0334】
【0335】
【0336】
【0337】
【0338】
【0339】
【0340】
【0341】
【0342】
【0343】
【0344】
【0345】
【0346】
【0347】
【0348】
【0349】
【0350】
【0351】
【0352】
【0353】
【0354】
【0355】
【0356】
【0357】
【0358】
【0359】
【0360】
【0361】
【0362】
【0363】
【0364】
【0365】
【0366】
【0367】
【0368】
【0369】
【0370】
【0371】
【0372】
【0373】
【0374】
【0375】
【0376】
【0377】
【0378】
【0379】
【0380】
【0381】
【0382】
【0383】
【0384】
【0385】
【0386】
【0387】
【0388】
【0389】
【0390】
【0391】
【0392】
【0393】
【0394】
【0395】
【0396】
【0397】
【0398】
【0399】
【0400】
【0401】
【0402】
【0403】
【0404】
【0405】
【0406】
【0407】
【0408】
【0409】
【0410】
【0411】
【0412】
【0413】
【0414】
【0415】
【0416】
【0417】
【0418】
【0419】
【0420】
【0421】
【0422】
【0423】
【0424】
【0425】
【0426】
【0427】
【0428】
【0429】
【0430】
【0431】
【0432】
【0433】
【0434】
【0435】
【0436】
【0437】
【0438】
【0439】
【0440】
【0441】
【0442】
【0443】
【0444】
【0445】
【0446】
【0447】
【0448】
【0449】
【0450】
【0451】
【0452】
【0453】
【0454】
【0455】
【0456】
【0457】
【0458】
【0459】
【0460】
【0461】
【0462】
【0463】
【0464】
【0465】
【0466】
【0467】
【0468】
【0469】
【0470】
【0471】
【0472】
【0473】
【0474】
【0475】
【0476】
【0477】
【0478】
【0479】
【0480】
【0481】
【0482】
【0483】
【0484】
【0485】
【0486】
【0487】
【0488】
【0489】
【0490】
【0491】
【0492】
【0493】
【0494】
【0495】
【0496】
【0497】
【0498】
【0499】
【0500】
【0501】
【0502】
【0503】
【0504】
【0505】
【0506】
【0507】
【0508】
【0509】
【0510】
【0511】
【0512】
【0513】
【0514】
【0515】
【0516】
【0517】
【0518】
【0519】
【0520】
【0521】
【0522】
【0523】
【0524】
【0525】
【0526】
【0527】
【0528】
【0529】
【0530】
【0531】
【0532】
【0533】
【0534】
【0535】
【0536】
【0537】
【0538】
【0539】
【0540】
【0541】
【0542】
【0543】
【0544】
【0545】
【0546】
【0547】
【0548】
【0549】
【0550】
【0551】
【0552】
【0553】
【0554】
【0555】
【0556】
【0557】
【0558】
【0559】
【0560】
【0561】
【0562】
【0563】
【0564】
【0565】
【0566】
【0567】
【0568】
【0569】
【0570】
【0571】
【0572】
【0573】
【0574】
【0575】
【0576】
【0577】
【0578】
【0579】
【0580】
【0581】
【0582】
【0583】
【0584】
【0585】
【0586】
【0587】
【0588】
【0589】
【0590】
【0591】
【0592】
【0593】
【0594】
【0595】
【0596】
【0597】
【0598】
【0599】
【0600】
【0601】
【0602】
【0603】
【0604】
【0605】
【0606】
【0607】
【0608】
【0609】
【0610】
【0611】
【0612】
【0613】
【0614】
【0615】
【0616】
【0617】
【0618】
【0619】
【0620】
【0621】
【0622】
【0623】
【0624】
【0625】
【0626】
【0627】
【0628】
【0629】
【0630】
【0631】
【0632】
【0633】
【0634】
【0635】
【0636】
【0637】
【0638】
【0639】
【0640】
【0641】
【0642】
【0643】
【0644】
【0645】
【0646】
【0647】
【0648】
【0649】
【0650】
【0651】
【0652】
【0653】
【0654】
【0655】
【0656】
【0657】
【0658】
【0659】
【0660】
【0661】
【0662】
【0663】
【0664】
【0665】
【0666】
【0667】
【0668】
【0669】
【0670】
【0671】
【0672】
【0673】
【0674】
【0675】
【0676】
【0677】
【0678】
【0679】
【0680】
【0681】
【0682】
【0683】
【0684】
【0685】
【0686】
【0687】
【0688】
【0689】
【0690】
【0691】
【0692】
【0693】
【0694】
【0695】
【0696】
【0697】
【0698】
【0699】
【0700】
【0701】
【0702】
【0703】
【0704】
【0705】
【0706】
【0707】
【0708】
【0709】
【0710】
【0711】
【0712】
【0713】
【0714】
【0715】
【0716】
【0717】
【0718】
【0719】
【0720】
【0721】
【0722】
【0723】
【0724】
【0725】
【0726】
【0727】
【0728】
【0729】
【0730】
【0731】
【0732】
【0733】
【0734】
【0735】
【0736】
【0737】
【0738】
【0739】
【0740】
【0741】
【0742】
【0743】
【0744】
【0745】
【0746】
【0747】
【0748】
【0749】
【0750】
【0751】
【0752】
【0753】
【0754】
【0755】
【0756】
【0757】
【0758】
【0759】
【0760】
【0761】
【0762】
【0763】
【0764】
【0765】
【0766】
【0767】
【0768】
【0769】
【0770】
【0771】
【0772】
【0773】
【0774】
【0775】
【0776】
【0777】
【0778】
【0779】
【0780】
【0781】
【0782】
【0783】
【0784】
【0785】
【0786】
【0787】
【0788】
【0789】
【0790】
【0791】
【0792】
【0793】
【0794】
【0795】
【0796】
【0797】
【0798】
【0799】
【0800】
【0801】
【0802】
【0803】
【0804】
【0805】
【0806】
【0807】
【0808】
【0809】
【0810】
【0811】
【0812】
【0813】
【0814】
【0815】
【0816】
【0817】
【0818】
【0819】
【0820】
【0821】
【0822】
【0823】
【0824】
【0825】
【0826】
【0827】
【0828】
【0829】
【0830】
【0831】
【0832】
【0833】
【0834】
【0835】
【0836】
【0837】
【0838】
【0839】
【0840】
【0841】
【0842】
【0843】
【0844】
【0845】
【0846】
【0847】
【0848】
【0849】
【0850】
【0851】
【0852】
【0853】
【0854】
【0855】
【0856】
【0857】
【0858】
【0859】
【0860】
【0861】
【0862】
【0863】
【0864】
【0865】
【0866】
【0867】
【0868】
【0869】
【0870】
【0871】
【0872】
【0873】
【0874】
【0875】
【0876】
【0877】
【0878】
【0879】
【0880】
【0881】
【0882】
【0883】
【0884】
【0885】
【0886】
【0887】
【0888】
【0889】
【0890】
【0891】
【0892】
【0893】
【0894】
【0895】
【0896】
【0897】
【0898】
【0899】
【0900】
【0901】
【0902】
【0903】
【0904】
【0905】
【0906】
【0907】
【0908】
【0909】
【0910】
【0911】
【0912】
【0913】
【0914】
【0915】
【0916】
【0917】
【0918】
【0919】
【0920】
【0921】
【0922】
【0923】
【0924】
【0925】
【0926】
【0927】
【0928】
【0929】
【0930】
【0931】
【0932】
【0933】
【0934】
【0935】
【0936】
【0937】
【0938】
【0939】
【0940】
【0941】
【0942】
【0943】
【0944】
【0945】
【0946】
【0947】
【0948】
【0949】
【0950】
【0951】
【0952】
【0953】
【0954】
【0955】
【0956】
【0957】
【0958】
【0959】
【0960】
【0961】
【0962】
【0963】
【0964】
【0965】
【0966】
【0967

(3)

減することができ、高出力発振時における素子の信頼性を向上させることができる。

[0013]

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を断面図を参照して説明する。

[0014] 図1は、本発明の第1の実施形態に係る半導体レーザの断面図である。この半導体レーザの構成を、作製方法と併せて説明する。

[0015] 有機金属気相成長法によりn-GaAs基板1上に、n-Ga_{1-x}Al_{2x}Asクラッド層2、nまたはi-In_{1-x}Ga_xAs_{1-y}P_y光導波層3、i-In₂Ga_{1-x}As_{1-y}P_y量子井戸活性層4、In₂Ga_{1-x}As_{1-y}P_y量子井戸活性層5、i-In₂Ga_{1-x}As_{1-y}P_y量子井戸活性層6、pまたはi-In₂Ga_{1-x}As_{1-y}P_y光導波層7、p-Ga_{1-x}Al_{2x}Asクラッド層8、p-GaAsコンタクト層9を形成する。その後、コンタクト層9および基板1のそれぞれにp側電極10およびn側電極11を形成して完成する。なお、各クラッド層2、8および各光導波層3、7はそれぞれGaAs基板1に格子整合する組成比とするが、上記組成のInGaAlAs系の半導体層を用いてもよい。

[0016] また、本実施形態においては、量子井戸活性層5は基板1に格子整合する組成とし、また、引張り歪バリ層は基板1に対する歪量が0.007となる組成としてその層厚を5nmとした。なお、量子井戸活性層はGaAs基板に対して歪量0.003までの引張り歪を有する組成であつてもよく、さらに、多重量子井戸構造であつてもよいが、活性層の引張り歪量と活性層の合計の厚み(合計層厚)との割合は、0.1nm以内とする。また、引張り歪バリ層は、その合計層厚が10～30nmの範囲の所定の厚さで、歪量×合計層厚=0.05～0.2nmとなる組成であつてもよい。

[0017] 上記半導体レーザと、該半導体レーザと同様に形成された引張り歪バリ層を有しない50μm幅のストライプを有する半導体レーザ素子とについて評価を行った結果を図2および図3に示す。図2は、引張り歪バリ層を有する本発明の半導体レーザ素子(実線)と引張り歪バリ層を有しない素子(点線)の最高光出力の比較を示したものであり、図3は本発明の半導体レーザ素子(O)と引張り歪バリ層を有する本発明の半導体レーザ素子(△)の閾値電流I_{th}の温度依存性を示したものである。図2および図3から、引張り歪バリ層を有する本発明の半導体レーザは、引張り歪を有しない素子に比べて、最高光出力は約0.3W大きく(図2参照)、閾値電流の温度依存性は小さい(図3参照)という結果が得られた。

[0018] 一般に、閾値電流I_{th}の温度依存性はI_{th}(T)=I₀exp(T/T₀)で表される。ここで、T₀は特性温度であり、この特性温度が高いほど素子の閾値電流の温度依存性は小さく、高出力発振時において安定性が向上した素子であるといえる。引張り歪バリ層を有する素子においては、20℃から50℃の範囲ではT₀=223Kであり、引張り歪バリ層を有しない素子より30K程度特性温度が上昇した。また、50℃以上の高温領域において本発明のレーザ素子の特性温度は125Kであり、バリ層を有しない素子より15K程度特性温度が上昇した。

(4)

[0019] 本半導体レーザは、活性層4にAlを含んいたため面欠性がなく、また、上述のように活性層の上下層に引張り歪バリ層4、6を備えたことによる活性層近傍の格子緩和と出力端面における光の吸収を低減することができる。また、該引張り歪バリ層により活性層とバリ層との障壁高さを大きくすることにより、活性層から光導波層への電子および正孔の漏れを低減することができる。以上の効果により、駆動電流を低減することができ、素子端面における発熱を低減することができるので、高出力発振下においても信頼性の高い0.8μm帯の半導体レーザを実現することができる。

[0020] また、上記実施形態では、GaAs基板はn型の導電性のもを用いているが、p型の導電性の基板を用い、p型半導体層から成長させて半導体レーザを構成してもよい。

[0021] なお、上記実施形態においては、単純な全面電極形成型の半導体レーザについて説明したが、コンタクト層上にストライプ状の電流注入窓を有する絶縁膜を形成した利得増強型ストライプレーザとしてもよい。さらに、上記本実施形態の半導体レーザの半導体層を用いて作製される、屈折率増強機構付き半導体レーザ、回折格子付きの半導体レーザ、もしくは、光導波回路等に適用することもできる。

[0022] 次に本発明の第2の実施形態に係る半導体レーザの断面図を、その作製工程途中の状態と共に図4に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

[0023] 有機金属気相成長法によりn-GaAs基板21上に、n-Ga_{1-x}Al_{2x}Asクラッド層22、nまたはi-In_{1-x}Ga_xAs_{1-y}P_y光導波層23、i-In₂Ga_{1-x}As_{1-y}P_y量子井戸活性層24、In₂Ga_{1-x}As_{1-y}P_y量子井戸活性層25、i-In₂Ga_{1-x}As_{1-y}P_y量子井戸活性層26、pまたはi-In₂Ga_{1-x}As_{1-y}P_y光導波層27、p-Ga_{1-x}Al_{2x}As上部クラッド層28、p-In₂Ga_{1-x}As_{1-y}P_yエッチング阻止層29(厚み10nm程度)、p-Ga_{1-x}Al_{2x}As上部クラッド層30、p-GaAsコンタクト層31を順次積層し、さらにこのコンタクト層31上にSiO₂等の絶縁膜32を形成する(図4(a))。

[0024] この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜32の、幅3μm程度のストライプ状部分32aを残し、その両サイドの幅6μm程度のストライプ状部分32bを除去し(図4(b))、この残されたストライプ状

の絶縁膜32aをマスクとしてリソグラフィによりコンタクト層31からエッチング阻止層29上面までのエドクシヤル層を除去してリソグラフィを形成する(図4(c))。このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素水を用いると、エッチングがエッチング阻止層29の自動的に停止する。上部クラッド層28の厚みは、上述のようにして形成されたリソグラフィ層の一面に高反射率コーティングを行い、その上面に高反射率コーティングを行い、その後、エッチングして半導体レーザ素子を形成する。上記構造により、単一モードを保持したまま、高いレベルの光出力の0.8μm帯のレーザ光を発生させることができる。

[0026] 本発明の第3の実施形態に係る半導体レーザの断面図を、その作製工程途中の状態と共に図5に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

[0027] 有機金属気相成長法により、n-GaAs基板41上に、n-Ga_{1-x}Al_{2x}Asクラッド層42、nまたはi-In_{1-x}Ga_xAs_{1-y}P_y光導波層43、i-In₂Ga_{1-x}As_{1-y}P_y量子井戸活性層44、In₂Ga_{1-x}As_{1-y}P_y量子井戸活性層45、i-In₂Ga_{1-x}As_{1-y}P_y量子井戸活性層46、pまたはi-In₂Ga_{1-x}As_{1-y}P_y光導波層47、p-In₂Ga_{1-x}As_{1-y}P_yエッチング阻止層48、p-Ga_{1-x}Al_{2x}As上部クラッド層49、p-In₂Ga_{1-x}As_{1-y}P_yエッチング阻止層50、p-GaAsコンタクト層51を順次積層し、このコンタクト層51上にSiO₂等の絶縁膜52を形成する(図5(a))。

[0028] この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜52の幅3μm程度のストライプ状部分52aを残し、その両サイドの幅6μm程度のストライプ状部分52bを除去し(図5(b))、この残されたストライプ状の絶縁膜52aをマスクとしてリソグラフィを形成する。上部クラッド層50の厚みは、上述のようにして形成されたリソグラフィ層の一面に高反射率コーティングを行い、その後、エッチングして半導体レーザ素子を形成する。上記構造により、単一モードを保持したまま、高いレベルの光出力の0.8μm帯のレーザ光を発生させることができる。

みとする。次に巻線52aを除去してから、リッジ部および露出している上部導クラク48の全面に巻線53を形成する(図面(d))。次いで、通常のリングラフィーにより、巻線53のリジスト層54の露出部分に形成された部分を除去して(図面(e))、露出されたコンタクト層50を覆うようにしてp型電極層54を形成し、その後、基板41の研削を行いn型電極層55を形成する(図面(f))。

【0029】その後、試料を劈開して形成した共振器面
の一面に高反射率コート、他面に低反射率コートを行
い、チップ化して半導体レーザ素子を形成する。上記構
造により、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光
出力のレーザ光を発生させることができる。

【0030】さらにまた、上記と同様のエッチング停止機構を用いて、3回の成長工程を繰り返す行うことにより埋め込み構造の屈折率調整レーザを作成することも可能である。

【0031】次に、本発明の第4の実施形態について説明する。図6は、本発明の第4の実施形態に係る半導体レーザの断面図である。この半導体レーザの構成を、作製方法と併せて説明する。

【0032】有機金属相成長法により n -GaAs基板101上に、 n -In_{0.48}Ga_{0.52}Pラッド層102、 n または $1-\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{P}_y$ 光導波層103、 $1-\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_y$ 光導波層104、 $1-\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_y$ 量子井105、 $1-\text{In}_{x_4}\text{Ga}_{1-x_4}\text{As}_{1-y_4}\text{P}_y$ 光導波層106、 $1-\text{In}_{x_5}\text{Ga}_{1-x_5}\text{As}_{1-y_5}\text{P}_y$ 光導波層107、 $1-\text{In}_{x_6}\text{Ga}_{1-x_6}\text{As}_{1-y_6}\text{P}_y$ 光導波層108、 p -GaAsコンタクト層109を形成する。次いで基板101の上面に n 側電極110を形成し、その後基板101を研磨してから n 側電極111を形成する。

【0033】次に、試料を図の紙面に垂直な面で劈開して形成した2つの共振器面の一方に高反射率コート、他方に低反射率コートを施して、本実施形態の半導体レーザが完成する。

【0034】本実験形態においても、瓜子戸活性層10-5はGaAs基板101に格子整合する組成、あるいは、この基板101に対して歪0.003までの引張り歪を有する組成とする。さらに瓜子戸活性層は多価瓜子戸構造であってもよいが、活性層の引張り歪と活性層の合計の厚み（合計層厚）との積は、 0.1nm 以内とする。

【0035】また、引張り歪バリア層は、その合計厚 Σt が10~30 nmの範囲の所定厚で、歪量 \times 合計厚 Σt が0.05~0.2 mとなる組成とする。引張り歪バリア層は、3元の $\ln_{0.4}\text{Ga}_{1-x}\text{P}$ 引張り歪バリア層であつてもよい。

【0036】本実施形態においても、上述の通りの構成を採用していることにより、既に説明した実施形態におけるのと同様の効果が得られる。

[0037]なおこの場合も、単純な全面電極形成型の

半導体レーザについて説明したが、コンタクト層の上面にストライプ状の電流注入層を有する幾何線を形成した利得増強型ストライプレーザとしてもよい。さらに、本実施形態の半導体レーザの半導体層構成を、通常のフォトリソグラフィやドライエッチングを用いて作製される、屈折率増強機構付き半導体レーザ、回折格子付きの半導体レーザ、もしくは、光集積回路等に適用することもできる。

【0038】また、上記実施の形態では、GaAs基板はn型の導電性を用いているが、p型の導電性の基板を用いることも可能であり、その場合は上述した全ての導電性を反対にすればよい。

【0039】次に本発明の第5の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図7に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0040】有機金属形成反応法によりn-GaAs基板121上に、 n -In_{0.98Ga_{0.02}5 μm クラッド層122、 n または i -In_{0.91Ga_{0.09}1 μm Al_{0.1}Si_{0.1}V_{0.1}P_{0.1}光導波層123、 i -In_{0.7Ga_{0.3}x μm インtrinsic層124、In_{0.6Ga_{0.4}x μm インtrinsic層125、 i -In_{0.7Ga_{0.3}x μm インtrinsic層126、 p または i -In_{0.91Ga_{0.09}1 μm Al_{0.1}Si_{0.1}V_{0.1}P_{0.1}光導波層127、 p -In_{0.98Ga_{0.02}5 μm クラッド層128、 p -GaAsコンタクト層129を順次積層し、さらにこのコンタクト層129上にSiO₂等の絶縁膜130を形成する(図7(a))。}}}}}}}

【0041】この後、通常のリングラファイアにより、総線径300の中央部に幅3 μ m程度のストライプ状部分を発して、その両サイドの幅6 μ m程度のストライプ状の総線径130を除去する。そして、この残されたストライプ状の総線径130をマスクとしてウェットエッチングにより、pまたは $n\text{-In}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ 光波帯幅127の上面までエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する。

【0042】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素水系のものを用いた P-CuAs コンタクト層120をエッチングし、塩酸系のエッチング液を用いて $\text{P-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ の0.52 μm クラッド層128を除去すれば、エッチングが自動的に $-\text{In}_x[\text{Ga}_{1-x}]\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ 1光波導127の上面で自動的に停止する。なお $y=1$ では $-\text{In}_x[\text{Ga}_{1-x}]\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ 1光波導127の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅の塩酸液において、単一基本モードによる屈折率導波が高

出力領域まで達成できるような厚みとする。
[0043] 次に絶縁層130を全面後、リッジ部および
露出している光導波路127の除去後に、リッジ部と
露出したコンタクト層29を覆うようにしてP型電圧132を
形成し、その後、基板121の研究を行なってからn側電
極133を形成する。(図(c))

〔0044〕次に、試料を劈開して形成した共振器面の

一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザー素子が完成する。

【0045】上記構造により、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μ m帯のレーザ光を発生させることができる。

【0046】以上は鉄スライズの単一様モードレーザによって述べたが、上記構造に鋼板スライズマルチモードにも適用できる。その場合、光照射層の厚みは50〜400 nmの範囲に設定すればよい。また引張り歪み ϵ は、4元の $\ln g_{2g1} \cdot y_2 / y_1$ から形成してもよい。

【0047】次に、本発明の第6の実施形態に係る半導体8-1の断面形状を、その製造工程途中の状態で共に示す。以下、この半導体レーザの層構成を製作方法と併せて説明する。

【0048】有機金属気相合成法により n -GaAs基板上に、 n -In_{0.48Ga_{0.52}クラッド層142、 n または $-In_{x_1}Ga_{1-x_1}As_{1-y_1}P_y$ 光導波層143、 $-In_{x_2}Ga_{1-x_2}As_{1-y_2}P_{1-y_2}$ 引張り歪みP層144、 $In_{x_3}Ga_{1-x_3}As_{1-y_3}P_{1-y_3}$ 量子戸戸活性層145、 $-In_{x_4}Ga_{1-x_4}As_{1-y_4}P_{1-y_4}$ 引張り歪みP層146、 p または $-In_{x_5}Ga_{1-x_5}As_{1-y_5}P_{1-y_5}$ 光導波層147、 p -In_{0.48Ga_{0.52}}クラッド層148、 p -GaAsキャップ層149を順次積層し、さらにこのキャップ層149上にSiO₂等の絶縁層150を形成する(図8(a))。}

【10049】この後、通常のリンググラフィーにより、絶縁膜150の中央部に幅 3μ m程度のストライプ状部分を残して、その両サイドの幅 6μ m程度のストライプ状の絶縁膜150を除去する。そして、この残されたストライプ状の絶縁膜150をマスクとしてウェットエッチングにより、pまたは $-In_0.91Ga_{0.09}As_{1-y}Py_y$ 光導電層147の上面までエビタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する。

【0050】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いて $p\text{-GaAs}$ キャップ層49をエッチングし、塩酸系のエッチング液を用いて $p\text{-In}_0.48\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層148を除去すれば、エッチングが p または $i\text{-In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{P}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ 光導波層47の上面で自動的に停止する。

【0051】その後、選択成長により、クラッド層148より屈折率の小さい、厚みが $1\ \mu\text{m}$ 程度の、基板141に格子整合する $\text{In}_{0.48}\text{Al}_{0.52}\text{Ga}_{1-z}\text{As}_{1-z}$ 0.52P電流阻止層151を形成する(同図(b))。

【0052】なお、 $\ln q_{48} (A_{12} [Ga_{1-z}])$ 、 $0.52p$ 電流阻止層15の組成と、 p または $1 - \ln q_{48} [Ga_{1-z} (A_{12} - y_1) P_{y_1}]$ 光吸収層127の厚みは、共振器の中央部のリッパ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるように組成、厚みとする。

【0053】次に絶縁層150を除去して、 p -GaAsコンタクト層152を形成し、さらにこの p -GaAsコンタクト層152の上に p 側電極層153を形成し、その後、基板41の研削を

【0054】次に、試料を劈開して形成した共振器面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0055】上記構造によりこの場合も、単一縦モードレーザ光を発生させることができる。

【0056】以上は炭素繊維の単一層モードレゾナンスサイプについて述べたが、上記構造は幅広いモードレゾナンスサイプにも適用できる。その場合、光導波管の厚みは50〜400 nmの間に設定すればよい。また引張り強バリア層は、3元の $\ln_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$ から形成してもよい。

【0057】次に、本発明の第7の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図9に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0058】有機金属気相成長法により n -GaAs 基板 161 上に、 n -In_{0.48}Gd_{0.52}クラッド層 162、 n または i -In_{1-x}Ga_x1_{As}1_{Py}Py₁ 光導波層 163、 i -In₂Gd_{0.1}-x₂As_{1-y}Py₂ 引張り歪み層 164、In₃Gd_{0.1}-x₃As_{1-y}Py₃ 瓜子戸戸層 165、 i -In₄Gd_{0.1}-x₄As_{1-y}Py₄ 光導波層 167、 p -In_{0.48}Gd_{0.52}クラッド層 168、 p -In₄Gd_{0.1}-x₄As_{1-y}Py₄ エッチング阻止層 (厚み 10 nm 程度) 169、 p -In_{0.48}Gd_{0.52}上層第二クラッド層 170、 p -GaAs コンタクト層 171 を順次形成し、さらにこの p -GaAs コンタクト層 171 上に SiO₂ 等の絶縁層 172 を形成する (図 9 (a))。

なお、In_{0.48}Gd_{0.52}As_{1-y}Py₄ エッチング阻止層 169 は、基板 161 に瓜子戸戸層 165 と整合し、かつ瓜子戸戸層 165 よりもバ

ンドギャップが大きく組成と

【0059】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜172の中央部に幅 $3\mu\text{m}$ 程度のストライプ状部分を残して、その両サイドの幅 $6\mu\text{m}$ 程度のストライプ状の絶縁膜172を除去する。そして、この残されたストライプ状の絶縁膜172をマスクとしてウエットエッチングにより、 $\text{P}^+\text{-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ (x=1-y) P^+y_4 エッチング阻止層169の上面までエピタキシャル層を餘主してリッジストライプを形成する。

【0060】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いてp-GaAsコンタクト層171をエッチングし、塩酸系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}Ga_{0.52}上層第2クラッド層170を除去すれば、エッチング液がp-In_{0.48}Ga_{1-x}As_{1-y}Py₄ エッチング阻止層169の上面で自動的に停止する。

【0061】なお、 p または $i - \ln x_1 [Ca_1]^{1/2} (As_1 - y_1)^{1/2}$ 光導波路167および $p - \ln q_0$ 、 52° 上級第一ク拉克路168の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅のほぼ2倍に、および、単一基本モードによる屈折率増強が高出力領域まで達成できるように厚みとする。

5
(
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842

一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザー素子が完成する。

【0045】上記構造により、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μ m帯のレーザ光を発生させることができる。

【0046】以上は鉄スライズの単一様モードレーザによって述べたが、上記構造に鋼皮スライズマルモネードにも適用できる。その場合、光沢板の厚みは50〜400nmの範囲に設定すればよい。また引張る垂バア層は、4元の $\ln_2\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}_{2-x}\text{As}_x$ から形成してもよい。

【0047】次に、本発明の第6の実施形態に係る半導体8-1の断面形状を、その製造工程途中の状態で共に示す。以下、この半導体レーザの層構成を製作方法と併せて説明する。

【0048】有機金属気相合成法により n -GaAs基板上に、 n -In_{0.48Ga_{0.52}クラッド層142、 n または $-In_{x_1}Ga_{1-x_1}As_{1-y_1}P_y$ 光導波層143、 $-In_{x_2}Ga_{1-x_2}As_{1-y_2}P_{1-y_2}$ 引張り歪みP層144、 $In_{x_3}Ga_{1-x_3}As_{1-y_3}P_{1-y_3}$ 量子戸戸活性層145、 $-In_{x_4}Ga_{1-x_4}As_{1-y_4}P_{1-y_4}$ 引張り歪みP層146、 p または $-In_{x_5}Ga_{1-x_5}As_{1-y_5}P_{1-y_5}$ 光導波層147、 p -In_{0.48Ga_{0.52}}クラッド層148、 p -GaAsキャップ層149を順次積層し、さらにこのキャップ層149上にSiO₂等の絶縁層150を形成する(図8(a))。}

【10049】この後、通常のリンググラフィーにより、総線径150 μ mの中央部に幅3 μ m程度のストライプ状部分を残して、その両サイドの幅6 μ m程度のストライプ状の総線径150 μ mを除去する。そして、この残されたストライプ状の総線径150 μ mをマスクとしてウェットエッチングによる、pまたは $-In_0.1Ga_{0.9}As_{1-y}Py_1$ 光導波路147の上面までエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する。

【0050】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いて $p\text{-GaAs}$ キャップ層49をエッチングし、塩酸系のエッチング液を用いて $p\text{-In}_0.48\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ クラッド層148を除去すれば、エッチングが p または $i\text{-In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{P}_{1-x}\text{As}_x$ 層147の上面で自動的に停止する。

【0051】その後、選択成長により、クラッド層148より屈折率の小さい、厚みが $1\ \mu\text{m}$ 程度の、基板141に格子整合する $\text{In}_{0.48}\text{Al}_{0.52}\text{Ga}_{1-z}\text{As}_{1-z}$ 0.52P電流阻止層151を形成する(同図(b))。

【0052】なお、 $\ln q_{48} (A_{12} [Ga_{1-z}])$ 、 $0.52p$ 電流阻止層15の組成と、 p または $1 - \ln q_{48} [Ga_{1-z} (A_{12} - y_1) P_{y_1}]$ 光吸収層127の厚みは、共振器の中央部のリッパ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるように組成、厚みとする。

【0053】次に絶縁層150を除去して、 p -GaAsコンタクト層152を形成し、さらにこの p -GaAsコンタクト層152の上に p 側電極層153を形成し、その後、基板41の研削を

(7)

11
【0062】次に絶縁膜172を除去してから絶縁膜173を形成し(図面(b))、その後通常のシリコングラフイーによりリジストライアゲ上の絶縁膜173を除去して、その上にp側電極174を形成し、その後、基板16の研削を行なってからn側電極175を形成する(図面(c))。

【0063】次に、材料を研削して形成した共振器の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0064】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレーザ光を発生させることができる。

【0065】以上は狭ストライアの単一横モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広ストライアルチモードにも適用できる。その場合、光導波路と上部第一ラッド層の合計の厚みは100~400nmの間に設定すればよい、また引張り歪バリ層は、3元のIn₂Ga_{1-x}P_{2x}から形成してもよい。

【0066】図10は、本発明の第8の実施形態に係る半導体レーザの断面図である。この半導体レーザの構成を、作製方法と併せて説明する。

【0067】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板201上に、n-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₂ 0.52^pクラッド層202、nまたは-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} 光導波路203、i-In_{0.6a}1-x₂As_{1-y}P_{2y2} 引張り歪バリ層204、In_{0.6a}1-x₂As_{1-y}P_{2y2} 量子井戸活性層205、i-In_{0.6a}1-x₂As_{1-y}P_{2y2} 引張り歪バリ層206、pまたは-In_{0.6a}1-x₂As_{1-y}P_{2y2} 光導波路207、p-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₂ 0.52^pクラッド層208、p-GaAsコンタクト層209を順次積層する。

【0068】次にp-GaAsコンタクト層209の上にp側電極210を形成し、その後、基板201の研削を行なってからn側電極211を形成する。次に、材料を研削して形成した共振器の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0069】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレーザ光を発生させることができる。

【0070】なおこの場合も、単純な全面電極形成型の半導体レーザについて説明したが、上記の構成に絶縁膜ストライアを形成して利得増強型ストライアルレーザとしてもよい、さらに、本実施形態の半導体レーザの半導体層構成を、通常のフォトリソグラフィやドライエッチングを用いて作製される、屈折率増強増付半導体レーザ、回折格子付きの半導体レーザ、もしくは、光集積回路等に適用することもできる。

【0071】また、上記実施形態では、GaAs基板はn型の導電性のもを用いているが、p型の導電性の基板を用いることも可能であり、その場合は上述した全ての導電性を反対にすればよい。

12

【0072】さらに、活性層は多量量子井戸構造であってもよいが、活性層の引張り歪量と活性層の合計の厚み(合計層厚)との積は、0.1nm以内とする。また、引張り歪バリ層は、3元のIn_{0.6a}1-x₂P_{2y2}引張り歪バリ層であってよい。

【0073】次に本発明の第9の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図11に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0074】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板221上に、n-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₂ 0.52^pクラッド層222、nまたは-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} 光導波路223、i-In_{0.6a}1-x₂As_{1-y}P_{2y2} 引張り歪バリ層224、In_{0.6a}1-x₂As_{1-y}P_{2y2} 量子井戸活性層225、i-In_{0.6a}1-x₂As_{1-y}P_{2y2} 引張り歪バリ層226、pまたは-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} 光導波路227、p-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₂ 0.52^pクラッド層228、p-GaAsコンタクト層229を順次積層し、さらにこのコンタクト層229上にSiO₂等の絶縁膜230を形成する(図11(a))。

【0075】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜230の中央部に幅3 μm程度のストライア状部分を残して、その両サイドの幅6 μm程度のストライア状の絶縁膜230を除去する。そして、この残されたストライア状の絶縁膜230をマスクとしてリソグラフィエッチングにより、pまたは-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} 光導波路227の上面までエッチング層を除去してリジストライアを形成する。

【0076】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いてp-GaAsコンタクト層229をエッチングし、塩酸系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₂ 0.52^pクラッド層228を除去すれば、エッチングがpまたは-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} 光導波路227の上面で自動的に停止する。なおpまたは-In_{0.6a}1-x₂As_{1-y}P_{2y2} 光導波路227の厚みは、共振器の中央部のリソジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率増強が高出力領域まで達成できるような厚みとする。

【0077】次に絶縁膜230を除去後、リソグラフィおよび露出している光導波路227の全面に絶縁膜231を形成する(図面(b))。次に、通常のリソグラフィにより、リジストライア層上の絶縁膜231を除去し、露出したコンタクト層229を露出するようにp側電極232を形成し、その後、基板221の研削を行なってからn側電極233を形成する(図面(c))。

【0078】次に、材料を研削して形成した共振器の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0079】上記構造により、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレーザ光を発生させることができる。

(8)

13
【0080】以上は狭ストライアの単一横モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広ストライアルチモードにも適用できる。その場合、光導波路の厚みは50~400nmの間に設定すればよい、また引張り歪バリ層は、4元のIn_{0.6a}1-x₂As_{1-y}P_{2y2}から形成してもよい。

【0081】次に、本発明の第10の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図12に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0082】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板241上に、n-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₂ 0.52^pクラッド層242、nまたは-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} 光導波路243、i-In_{0.6a}1-x₂As_{1-y}P_{2y2} 引張り歪バリ層244、In_{0.6a}1-x₂As_{1-y}P_{2y2} 量子井戸活性層245、i-In_{0.6a}1-x₂As_{1-y}P_{2y2} 引張り歪バリ層246、pまたは-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} 光導波路247、p-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₂ 0.52^pクラッド層248、p-GaAsコンタクト層249を順次積層し、さらにこのコンタクト層249上にSiO₂等の絶縁膜250を形成する(図12(a))。

【0083】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜250の中央部に幅3 μm程度のストライア状部分を残して、その両サイドの幅6 μm程度のストライア状の絶縁膜250を除去する。そして、この残されたストライア状の絶縁膜250をマスクとしてリソグラフィエッチングにより、pまたは-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} 光導波路247の上面までエッチング層を除去してリジストライアを形成する。

【0084】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いてp-GaAsコンタクト層249をエッチングし、塩酸系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₂ 0.52^pクラッド層248を除去すれば、エッチングがpまたは-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} 光導波路247の上面で自動的に停止する。

【0085】その後、選択成長により、クラッド層248より屈折率の小さい、厚みが1 μm程度の、基板241に格子整合するn-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₂ 0.52^p電圧阻止層251を形成する(図面(b))。

【0086】なおn-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₂ 0.52^p電圧阻止層251の組成と、pまたは-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} 光導波路247の厚みは、共振器の中央部のリソジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率増強が高出力領域まで達成できるような組成、厚みとする。

【0087】次に絶縁膜250を除去して、p-GaAsコンタクト層252を形成し、さらにこのp-GaAsコンタクト層252の上にn側電極253を形成し、その後、基板241の研削を行なってからn側電極254を形成する(図面(c))。

【0088】次に、材料を研削して形成した共振器の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

14

【0089】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレーザ光を発生させることができる。

【0090】以上は狭ストライアの単一横モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広ストライアルチモードにも適用できる。その場合、光導波路の厚みは50~400nmの間に設定すればよい、また引張り歪バリ層は、3元のIn_{0.6a}1-x₂P_{2y2}から形成してもよい。

【0091】次に、本発明の第11の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図13に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0092】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板261上に、n-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₂ 0.52^pクラッド層262、nまたは-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} 光導波路263、i-In_{0.6a}1-x₂As_{1-y}P_{2y2} 引張り歪バリ層264、In_{0.6a}1-x₂As_{1-y}P_{2y2} 量子井戸活性層265、i-In_{0.6a}1-x₂As_{1-y}P_{2y2} 引張り歪バリ層266、pまたは-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} 光導波路267、p-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₂ 0.52^p上部第一クラッド層268、p-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} エッチング阻止層(厚み10nm程度) 269、p-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₂ 0.52^p上部第二クラッド層270、p-GaAsコンタクト層271を順次積層し、さらにこのp-GaAsコンタクト層271の上にSiO₂等の絶縁膜272を形成する(図13(a))。なおp-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} エッチング阻止層269は、基板261に格子整合し、かつ量子井戸活性層265よりバンプドギャップが大きい組成とする。

【0093】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜272の中央部に幅3 μm程度のストライア状部分を残して、その両サイドの幅6 μm程度のストライア状の絶縁膜272を除去する。そして、この残されたストライア状の絶縁膜272をマスクとしてリソグラフィエッチングにより、p-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} エッチング阻止層269の上面までエッチング層を除去してリジストライアを形成する。

【0094】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いてp-GaAsコンタクト層271をエッチングし、塩酸系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₂ 0.52^p上部第二クラッド層270を除去すれば、エッチングがp-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} エッチング阻止層269の上面で自動的に停止する。

【0095】なおpまたは-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₁-yP_{y1} 光導波路267およびp-In_{0.48}(Al₁Ga_{1-x})₂ 0.52^p上部第一クラッド層268の厚みは、共振器の中央部のリソジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率増強が高出力領域まで達成できるような厚みとする。

【0096】次に絶縁膜272を除去し、その後、絶縁膜273を形成し(図面(b))、その後通常のリソグラフィによりリジストライア上の絶縁膜273を除去して、その上にp側電極274を形成し、その後、基板261の研削を行

(9)

15

なつてからn側電極275を形成する(同図(c))。
【0097】次に、試料を劈開して形成した共振器の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コーティングを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0098】上記製造によりこの場合も、単一モードレーザを保つまま、高いレベルの光出力の0.8 μm程度のレーザを発生させることができる。

【0099】以上は狭ストライプの単一モードレーザについて述べたが、上記構造は短広ストライプアルチモードにも適用できる。その場合、光導波路と上部第一クラッド層の合計の厚みは100~400nmの間に設定すればよい。また引張り歪バリア層は、3元のIn_{0.2}Ga_{0.8}Pから形成してもよい。また、この実施の形態では、GaAs基板はn型の導電性のものを用いているが、p型の導電性の基板を用いることも可能であり、その場合は上述した全ての導電性を反対にすればよい。

【0100】さらに、以上説明した実施の形態では特に量子井が単一で、光導波路組成が一定のSQW-SC Hと呼ばれる構造を示したが、SQWの代わりに量子井戸を複数とするMQWとしてもよい。

【0101】また、前記In_{0.3}Ga_{0.7}As_{0.3}P_{0.7}活性層の組成比を調整することにより、発振波長は、750nm<λ<850nmの範囲で制御が可能である。

【0102】また、半導体層の成長法としては上述の有機金属気相成長法その他、固体あるいはガスを原料とする分子線エピタキシャル成長法を用いてもよい。

【0103】なお、本発明の半導体レーザは高速な情報・画像処理および通信、計測、医療、印刷当の分野での光源としても応用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態による半導体レーザを示す断面図

【図2】上記第1実施形態による半導体レーザと比較例との最高出力を示すグラフ

【図3】上記第1実施形態による半導体レーザと比較例との閾値電流の温度依存性を示すグラフ

【図4】本発明の第2実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図5】本発明の第3実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図6】本発明の第4実施形態による半導体レーザを示す断面図

【図7】本発明の第5実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図8】本発明の第6実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図9】本発明の第7実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

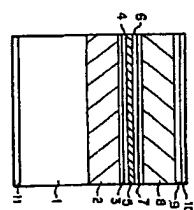
【図10】本発明の第8実施形態による半導体レーザ、

(10)

17

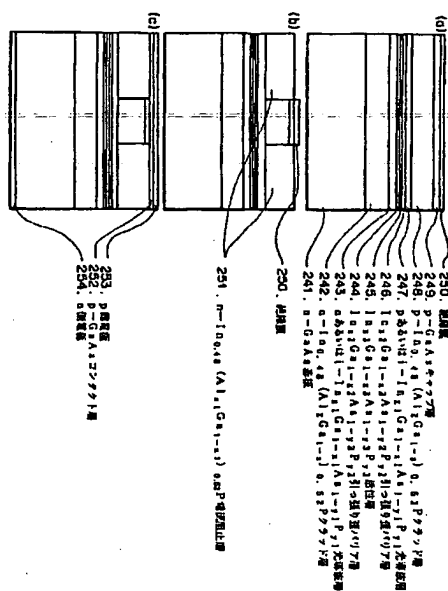
106 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
107 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
108 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
109 p-GaAs コンタクト層
110 p 側電極
111 n 側電極
112 n-GaAs 基板
113 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
114 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
115 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
116 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
117 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
118 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
119 p-GaAs コンタクト層
120 p 側電極
121 n 側電極
122 n-GaAs 基板
123 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
124 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
125 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
126 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
127 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
128 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
129 p-GaAs コンタクト層
130 p 側電極
131 n 側電極
132 n-GaAs 基板
133 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
134 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
135 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
136 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
137 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
138 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
139 p-GaAs コンタクト層
140 p 側電極
141 n 側電極
142 n-GaAs 基板
143 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
144 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
145 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
146 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
147 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
148 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
149 p-GaAs コンタクト層
150 p 側電極
151 n 側電極
152 n-GaAs 基板
153 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
154 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
155 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
156 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
157 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
158 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
159 p-GaAs コンタクト層
160 p 側電極
161 n 側電極
162 n-GaAs 基板
163 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
164 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
165 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
166 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
167 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
168 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
169 p-GaAs コンタクト層
170 p 側電極
171 n 側電極
172 n-GaAs 基板
173 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
174 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
175 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
176 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
177 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
178 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
179 p-GaAs コンタクト層
180 p 側電極
181 n 側電極
182 n-GaAs 基板
183 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
184 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
185 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
186 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
187 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
188 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
189 p-GaAs コンタクト層
190 p 側電極
191 n 側電極
192 n-GaAs 基板
193 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
194 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
195 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
196 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
197 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
198 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
199 p-GaAs コンタクト層
200 p 側電極
201 n 側電極
202 n-GaAs 基板
203 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
204 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
205 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
206 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
207 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
208 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
209 p-GaAs コンタクト層
210 p 側電極
211 n 側電極
212 n-GaAs 基板
213 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
214 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
215 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
216 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
217 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
218 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
219 p-GaAs コンタクト層
220 p 側電極
221 n 側電極
222 n-GaAs 基板
223 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
224 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
225 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
226 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
227 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
228 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
229 p-GaAs コンタクト層
230 p 側電極
231 n 側電極
232 n-GaAs 基板
233 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
234 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
235 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
236 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
237 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
238 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
239 p-GaAs コンタクト層
240 p 側電極
241 n 側電極
242 n-GaAs 基板
243 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
244 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
245 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
246 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
247 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
248 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
249 p-GaAs コンタクト層
250 p 側電極
251 n 側電極
252 n-GaAs 基板
253 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
254 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
255 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
256 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
257 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
258 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
259 p-GaAs コンタクト層
260 p 側電極
261 n 側電極
262 n-GaAs 基板
263 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
264 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
265 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
266 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
267 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
268 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
269 p-GaAs コンタクト層
270 p 側電極
271 n 側電極
272 n-GaAs 基板
273 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
274 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
275 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
276 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
277 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
278 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
279 p-GaAs コンタクト層
280 p 側電極
281 n 側電極
282 n-GaAs 基板
283 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
284 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
285 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
286 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
287 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
288 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
289 p-GaAs コンタクト層
290 p 側電極
291 n 側電極
292 n-GaAs 基板
293 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
294 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
295 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
296 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
297 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
298 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
299 p-GaAs コンタクト層
300 p 側電極
301 n 側電極
302 n-GaAs 基板
303 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
304 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
305 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
306 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
307 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
308 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
309 p-GaAs コンタクト層
310 p 側電極
311 n 側電極
312 n-GaAs 基板
313 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
314 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
315 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
316 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
317 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
318 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
319 p-GaAs コンタクト層
320 p 側電極
321 n 側電極
322 n-GaAs 基板
323 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
324 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
325 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
326 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
327 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
328 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
329 p-GaAs コンタクト層
330 p 側電極
331 n 側電極
332 n-GaAs 基板
333 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
334 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
335 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
336 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
337 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
338 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
339 p-GaAs コンタクト層
340 p 側電極
341 n 側電極
342 n-GaAs 基板
343 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
344 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
345 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
346 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
347 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
348 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
349 p-GaAs コンタクト層
350 p 側電極
351 n 側電極
352 n-GaAs 基板
353 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
354 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
355 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
356 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
357 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
358 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
359 p-GaAs コンタクト層
360 p 側電極
361 n 側電極
362 n-GaAs 基板
363 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
364 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
365 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
366 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
367 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
368 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
369 p-GaAs コンタクト層
370 p 側電極
371 n 側電極
372 n-GaAs 基板
373 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
374 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
375 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
376 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
377 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
378 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
379 p-GaAs コンタクト層
380 p 側電極
381 n 側電極
382 n-GaAs 基板
383 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
384 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
385 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
386 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
387 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
388 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
389 p-GaAs コンタクト層
390 p 側電極
391 n 側電極
392 n-GaAs 基板
393 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
394 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
395 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
396 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
397 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
398 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
399 p-GaAs コンタクト層
400 p 側電極
401 n 側電極
402 n-GaAs 基板
403 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
404 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
405 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
406 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
407 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
408 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
409 p-GaAs コンタクト層
410 p 側電極
411 n 側電極
412 n-GaAs 基板
413 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
414 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
415 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
416 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
417 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
418 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
419 p-GaAs コンタクト層
420 p 側電極
421 n 側電極
422 n-GaAs 基板
423 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
424 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
425 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
426 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
427 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
428 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
429 p-GaAs コンタクト層
430 p 側電極
431 n 側電極
432 n-GaAs 基板
433 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
434 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
435 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
436 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリア層
437 p または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
438 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
439 p-GaAs コンタクト層
440 p 側電極
441 n 側電極
442 n-GaAs 基板
443 n-In_{0.48}Ga_{0.52}P クラッド層
444 n または i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1} 光導波路
445 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層
446 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x

【図1】

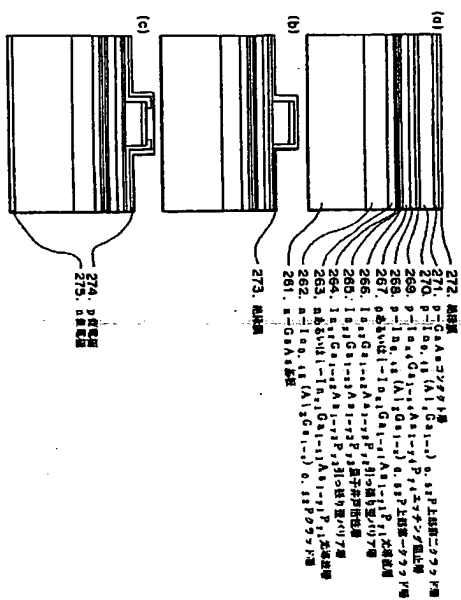


(11)

【図2】

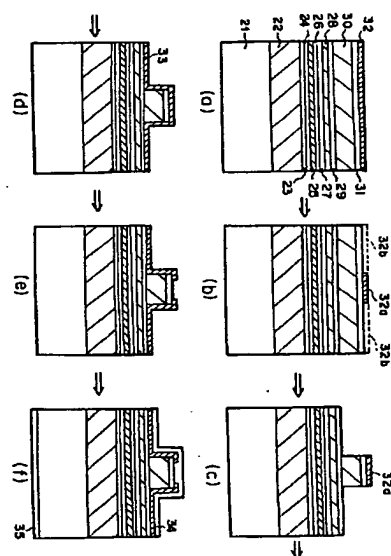


【図3】

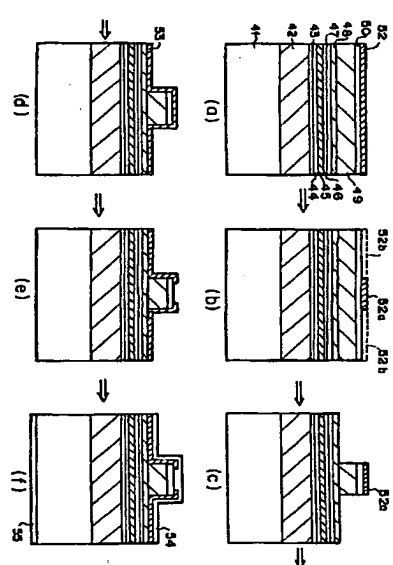


(12)

【図4】

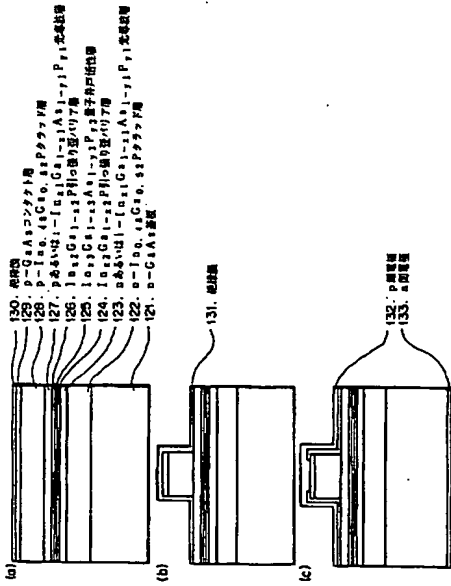


【図5】



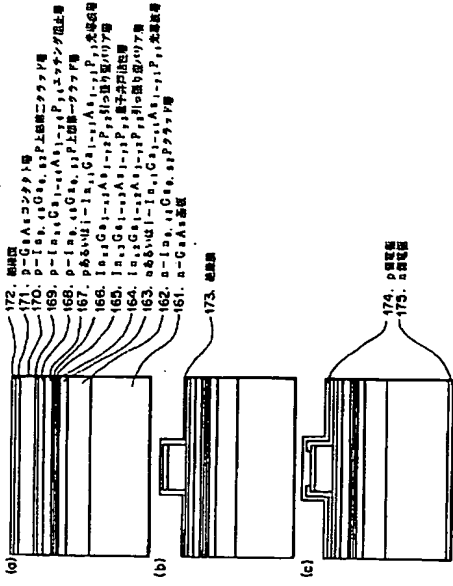
(13)

【図7】

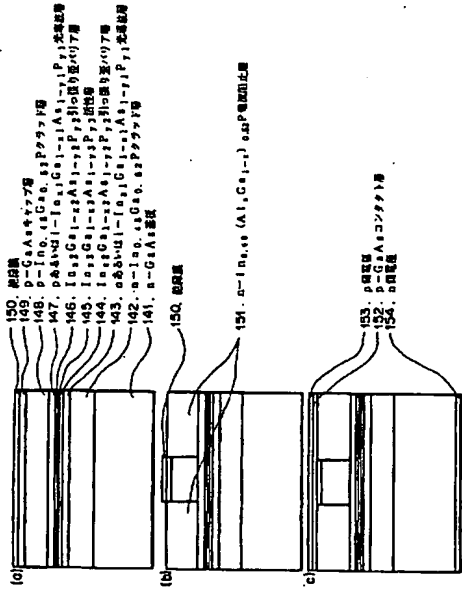


(14)

【図9】



【図8】



【図10】

